

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**EDNALDO CORDEIRO OLIVEIRA**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE INDICADORES DE  
DESEMPENHO E A VARIAÇÃO R577X DO GENE DA  
ALFA ACTININA-3 EM LUTADORES DE ARTES  
MARCIAIS MISTAS**



**CURITIBA**

**2013**

**EDNALDO CORDEIRO OLIVEIRA**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE INDICADORES DE  
DESEMPENHO E A VARIAÇÃO R577X DO GENE DA  
ALFA ACTININA-3 EM LUTADORES DE ARTES  
MARCIAIS MISTAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Educação Física do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Raul Osiecki

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **Dejalma** e **Nair**, meu pai por ser exemplo de perseverança e obstinação, minha mãe pelo amor, cuidado e carinho que sempre me dedicou.

À minha esposa **Patrícia** e meu filho **Enzo**, pela compreensão nos momentos de minha ausência.

Às minhas irmãs, **Eliana**, **Edna** e **Elaine**, pelo apoio dado em todos os momentos principalmente neste, que percebo a grande importância da nossa união forjada nas dificuldades da vida.

Ao professor **Dr. Raul Osiecki**, por sua competente orientação no presente estudo, somando sempre com sua experiência científica e conhecimento, pela viabilização das parcerias com outros laboratórios, e principalmente por sua motivação e dedicação demonstrada ao longo do Mestrado para me tornar um professor melhor.

Aos meus colegas do CEPEFIS: **Fabiano Salgueirosa**, com o qual aprendi muito, e guardo profunda admiração, ao **Patrick Rodrigues**, á quem num primeiro momento ajudei, e que posteriormente me retribuiu em dobro. Também á **Renata**, **Elton**, **Larissa**, **Luís**, **Sara** e **Vitor**, que contribuíram cada um ao seu modo durante minha passagem pelo laboratório.

Á todos os atletas que se dispuseram a participar com doação incondicional em todos os momentos dos testes e das coletas.

## RESUMO

OLIVEIRA, C. Ednaldo. **Análise comparativa entre indicadores de desempenho e a variação R577X do gene da alfa actinina-3 (ACTN3) em lutadores de artes marciais mistas**. 2013 - Curitiba. Dissertação de Mestrado em Educação Física - Universidade Federal do Paraná.

**Introdução:** As lutas ganharam espaço no cenário esportivo mundial e apresentam um ambiente onde atletas de diversos estilos treinam de maneira vigorosa as capacidades físicas necessárias ao bom desempenho nos campeonatos de MMA (*Mixed Martial Arts*). Diferenças nas respostas fisiológicas relacionadas com o desempenho são em parte, ligadas às características genéticas dos atletas, entre elas o polimorfismo R577X do gene da ACTN3, que está associada com o desempenho físico. O objetivo deste estudo foi determinar as possíveis diferenças entre os indicadores de desempenho anaeróbio e a variação R577X da ACTN3 em lutadores de MMA. **Métodos:** A amostra foi composta por 18 atletas de MMA do sexo masculino, com idade média de  $26,3 \pm 4,0$  (anos), altura,  $176,5 \pm 7,6$  (cm), massa corporal  $79,9 \pm 11,0$  (kg), e  $11,3 \pm 2,3$  de Gordura (%). Os atletas foram genotipados para o polimorfismo R577X da  $\alpha$ -ACTN3, caracterizados então em; 6 indivíduos homozigotos RR para o alelo R, 9 heterozigotos RX e 3 homozigotos XX. Em seguida, foram submetidos aos testes de 1RM no exercício supino e agachamento, repetições máximas com 70% de 1RM destes exercícios, abdominais em 1min, salto vertical e Wingate. Foi utilizada a análise de variância "ANOVA ONE WAY", seguido do "*post-hoc*" de Tukey, teste "t" independente para o modelo dominante (RR vs RX + XX) e recessivo (RR + RX vs XX) com nível de significância  $p \leq 0,05$ . **Resultados:** Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas no exercício de agachamento a 70% de 1RM ( $F = 5,406$ ) e ( $p = 0,017$ ) em favor de indivíduos em RX entre os três grupos, em favor de (RX+XX) para o modelo dominante ( $p = 0,042$ ). Houve diferença no teste de salto vertical para o modelo recessivo em favor dos indivíduos (RR+ RX) em comparação com o grupo XX, no entanto, não houve diferenças nos outros testes. **Conclusão:** Os resultados deste estudo indicaram diferenças em favor dos indivíduos RX no teste de desempenho de agachamento e, em favor dos indivíduos RR+RX no salto vertical, porém tais diferenças não se apresentaram em outras variáveis relacionadas aos indicadores de desempenho anaeróbio dos atletas lutadores de MMA.

Palavras-chave: *Mixed Martial Arts*, ACTN3, polimorfismo genético, desempenho físico humano.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, C. Ednaldo. **Comparative analysis of performance indicators and R577X mutation in the alpha actinin-3 (ACTN3) gene in mixed martial arts fighters.** 2013 - Curitiba. Dissertation in Physical Education - Federal University of Paraná.

**Introduction:** Mixed martial arts (MMA) have gained space in the world sports scene and feature an environment where athletes of diverse styles vigorously train the physical abilities needed to perform well in MMA championships. Differences in the physiological responses related to performance are partly linked to the genetic characteristics of athletes, including R577X polymorphism of the ACTN3 gene, which is associated with the physical performance. The objective of this study was to determine possible differences between anaerobic performance indicators and the R577X mutation of the  $\alpha$ -Actinin-3 gene in MMA fighters. **Methods:** The sample consisted of 18 male MMA athletes, mean age  $26.2 \pm 4.0$  (years), height  $176.5 \pm 7.5$  (cm), body mass  $79.8 \pm 11.0$  (kg), and body fat  $11.3 \pm 2.3$  (%). The subjects were genotyped for the R577X polymorphism of the ACTN3 gene, characterized as follows: 6 RR homozygous for the allele R, 9 RX heterozygous and 3 XX homozygous. The subjects were then submitted to tests for 1RM in bench press and squat, maximum repetitions with 70% of 1RM in the same exercises, maximum sit-ups in 1 minute, maximum vertical leap, and Wingate. One-way ANOVA was used in conjunction with Tukey's HSD test for the dominant model (RR + RX vs XX) and recessive model (RR + RX vs XX), with significance level  $p \leq 0.05$ . **Results:** There were statistically significant differences in the squat exercise at 70% of 1RM ( $F = 5.406$ ) and ( $p = 0.017$ ) in favor of individuals in RX between the three groups, and in favor of (RX + XX) for the dominant model ( $p = 0.042$ ). There was also a difference in the vertical leap test for the recessive model in favor of the (RR + RX) group compared with the XX group, however, there were no differences in the other tests. **Conclusion:** The results of this study indicate differences in favor of RX individuals for performance in the squat test and in favor of (RR+RX) individuals in the vertical leap test. These differences, however, were not present in other variables related to anaerobic performance indicators in MMA fighters.

**Keywords:** Mixed Martial Arts, ACTN3, genetic polymorphism, human physical performance.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	– Detalhe de localização das alfa-actininas musculares.....	17
<b>Figura 2</b>	– Design do estudo.....	22
<b>Figura 3</b>	– Exemplo de revelação genômica da ACTN3.....	26
<b>Figura 4</b>	– Dinamômetro de preensão manual.....	27
<b>Figura 5</b>	– Supino Reto.....	28
<b>Figura 6</b>	– Agachamento.....	28
<b>Figura 7</b>	– Teste de resistência abdominal.....	29
<b>Figura 8</b>	– Salto Vertical contra-movimento.....	31
<b>Figura 9</b>	– Gráfico do teste 70% de 1RM de agachamento.....	37
<b>Figura 10</b>	– Gráfico do teste de 70% de 1RM de agachamento para modelo dominante.....	39
<b>Figura 11</b>	– Gráfico do teste de salto vertical para o modelo recessivo.....	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Média, desvio-padrão e intervalo de confiança dos dados antropométricos dos atletas da amostra.....	25
<b>Tabela 2</b> – Média, desvio-padrão e intervalo de confiança dos testes de força e potência dos atletas da amostra.....	34
<b>Tabela 3</b> – Análise comparativa ANOVA ONE-WAY, entre os genótipos RR, RX e XX.....	37
<b>Tabela 4</b> – Análise comparativa utilizando o modelo dominante RR vs RX+XX, com o teste “t” independente.....	39
<b>Tabela 5</b> – Análise comparativa utilizando o modelo recessivo RR+RX vs XX, com o teste “t” independente.....	41

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

≈	Aproximadamente
%G	Percentual de Gordura
AC	Antes de Cristo
ACTN	Alfa-actinina
ACTN3	Alfa-actinina 3
Aga	Agachamento
CARP	Proteína Ankirina Cardíaca Repetida
CBLA	Confederação Brasileira de Lutas Associadas
CBMT	Confederação Brasileira de Muay Thai
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
CK	Creatina Kinase
CONEP	Conselho Nacional de Ética e Pesquisa
CSRP3	Cisteína e Glicina Proteína rica 3
Dde1	Enzima de restrição
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DNTP	Nucleotídeos
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
<i>et al,</i>	e colaboradores
HSP70	Proteína de Choque Térmico
IF	Índice de fadiga
IL-6	Interleucina 6
Kgf	Kilograma Força
ml	Mililitros
MMA	Mixed Martial Arts - Artes Marciais Mistas
n	Amostra
°/s	Graus por segundo
°C	Graus Centígrados
pb	Pares de bases
PCR	Reação em cadeia da polimerase
PM	Preensão Manual
R577X	Sítio Polimórfico da ACTN3
RM	Repetição Máxima



<b>RNA</b>	Ácido Ribonucleico
<b>RNA<sub>m</sub></b>	RNA mensageiro
<b>RR</b>	Indivíduos homozigotos para o alelo R do gene ACTN3
<b>RX</b>	Indivíduos heterozigotos para o alelo R e X do gene ACTN3
<b>Sup</b>	Supino
<b>SV</b>	Salto Vertical
<b>Vo<sub>2</sub>máx</b>	Volume Máximo de Oxigênio
<b>W</b>	Watts – Medida de Potência
<b>W/Kg</b>	Watts por Kilograma
<b>WT</b>	Wingate
<b>XX</b>	Indivíduos homozigotos para o alelo X da ACTN3
<b>μg</b>	Micrograma
<b>μL</b>	Microlitros

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1 OBJETIVOS .....	14
1.1.2 Objetivo Geral.....	14
1.2.3 Objetivos Específicos .....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1 Esportes de Combate e Artes Marciais Mistas.....	15
2.2 Genética e ACTN3 .....	16
2.3 Função estrutural e fisiológica da ACTN3.....	17
2.4 Distribuição populACIONAL da ACTN3.....	19
2.5 ACTN3 e performance física .....	19
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 Design do Estudo .....	24
3.1.1 Procedimentos.....	24
3.2 Caracterização da amostra .....	25
3.2.1 Avaliação Antropométrica.....	25
3.2.2 Genotipagem .....	27
3.2.2.1 Coleta sanguínea.....	27
3.2.2.2 Extração do DNA genômico dos atletas .....	27
3.2.2.3 Genotipagem do polimorfismo R577X no gene ACTN3 .....	27
3.3 Amostra.....	29
3.3.1 Critérios de inclusão e exclusão .....	29
3.4 Avaliações de Força e Potência Muscular .....	30
3.4.1 Avaliação da força isométrica.....	30
3.4.2 Avaliação da Força Máxima Dinâmica 1RM .....	30
3.4.3 Avaliação do Desempenho Muscular .....	31
3.4.4 Teste de Wingate.....	32
3.4.5 Salto Vertical.....	33
3.5 Análise estatística .....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Distribuição genotípica .....	35
4.2 1RM no agachamento e supino .....	36
4.3 Preensão manual .....	37
6.1 Desempenho no agachamento, supino e abdominais. ....	37
4.5 Salto vertical contra movimento .....	38
4.6 Wingate .....	38
4.7 Análise comparativa entre os genótipos RR, RX e XX. ....	38
4.8 Análise comparativa com modelo dominante. ....	40
4.9 Análise comparativa com modelo recessivo.....	42

9. CONCLUSÕES .....	44
10. REFERÊNCIAS .....	46
11. ANEXOS .....	52
11.1 ANEXO 1 .....	53
11.1.1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

A luta é um fenômeno que se apresenta desde a origem da humanidade, seja por motivos coletivos ou individuais, no âmbito esportivo as lutas tem ganhado espaço no cenário mundial com campeonatos de artes marciais mistas, o MMA do inglês, “*Mixed Martial Arts*”, onde a maior parte dos fundamentos técnicos que compõem o MMA é oriunda de esportes olímpicos (ARTIOLI *et al*, 2010; GRINDSTAFF TL, & POTACH DH, 2007; ANGEL *et al*, 2004; DACOSTA, 2006).

Recentemente atletas de diversas modalidades de lutas, iniciaram sua participação, visando reconhecimento, visibilidade e retorno financeiro. Sob o ponto de vista fisiológico, sua prática impõe demandas expressivas ao organismo humano, onde força e potência constituem alguns dos elementos fundamentais para um bom desempenho físico. (RATAMESS *et al*, 2009; FRANCHINI *et al*, 2003; DANTAS, 2003.) Fatores ambientais e características individuais relacionadas ao exercício físico sempre foram alvo de investigações, porém, frequentemente se observa que além dos fatores externos que resultam em aumento de performance, a responsividade genética individual apresenta papel fundamental neste contexto (VINCENT *et al*, 2007; WOLFARTH *et al*, 2005).

Características genéticas talvez possam responder parte das diferenças nas respostas fisiológicas relacionadas ao exercício físico e a indicadores de performance . A literatura científica aponta para alguns genes que possam contribuir para manifestações fenotípicas diferenciadas, entre eles o polimorfismo R577X do Gene da  $\alpha$ -actinina-3 (ACTN3) (GENTIL *et al* ,2011; VINCENT *et al*, 2007; CLARKSON *et al* ,2005; YANG *et al*, 2003), que está presente em toda a população mundial e caracteriza de maneira particular as comunidades esportivas de acordo com suas predominâncias.

São conhecidos 3 genótipos diferentes, em função da presença ou ausência da ACTN3; indivíduos portadores do alelo R homozigotos RR , indivíduos portadores do alelo R heterozigotos RX, onde ambos produzem ACTN3, e indivíduos homozigotos portadores do alelo XX, que não produzem ACTN3, (ROTH *et al*, 2008; GENTIL *et al* ,2011; BLANCHARD *et al*.,1989;). Sabe-se que a isoforma ACTN3 é específica das fibras de contração rápida responsáveis pela geração de força contrátil em alta velocidade. (YANG *et al* ,2003). O que nos faz observar certa predominância da presença da ACTN3 nos atletas praticantes de modalidades que

exijam força e velocidade, ao passo que sua ausência está presente também de maneira predominante nos atletas de endurance. (CLARKSON *et al* ,2005 ;YANG *et al*,2003). Dentre outras capacidades físicas, lutadores treinam força e potência de maneira rotineira com fins de melhora, no entanto, pouco se sabe sobre a preparação física, responsividade genética e as influências de tais fatores nesta prática. Entendendo que entre outras capacidades físicas a força e a potência guardam relação com propriedades celulares específicas (SIMONEAU *et al*,1995; Mac ARTHUR *et al*, 2004), seria de grande interesse entender de maneira mais aprofundada se existem associações entre a indicadores de performance física e características fenotípicas musculares específicas quanto ao polimorfismo R577X no gene da alfa ACtinina-3 em lutadores de Artes Marciais Mistas.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.2 Objetivo Geral**

Verificar possíveis diferenças entre indicadores de desempenho anaeróbio e a variação R577X do gene da alfa ACTN-3 em lutadores de artes marciais mistas.

### **1.2.3 Objetivos Específicos**

- Analisar e classificar a expressão genotípica dos atletas quanto ao polimorfismo da ACTN3.
- Analisar a força máxima (1RM) no exercício supino para membros superiores e agachamento para membros inferiores entre atletas portadores dos genótipos RR, RX e XX.
- Analisar a força Isométrica máxima de preensão manual entre atletas portadores dos genótipos RR, RX e XX.
- Analisar o desempenho muscular de repetições máximas a 70% de 1RM no exercício supino, agachamento e a resistência abdominal entre atletas portadores dos genótipos RR, RX e XX.
- Analisar índices de potência de membros inferiores mediante o teste de Wingate e salto vertical nos atletas portadores dos genótipos RR, RX e XX.
- Verificar as possíveis diferenças entre os escores dos testes com os diferentes genótipos, RR, RX e XX.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA.

### 2.1 Esportes de Combate e Artes Marciais Mistas

As Artes Marciais Mistas, ou do inglês MMA (*Mixed Martial Arts*), tem ganhado espaço no cenário esportivo mundial, algumas das lutas que compõem sua base, são considerados esportes olímpicos (ARTIOLI *et al*, 2010; DACOSTA, 2006). É possível, porém, que os lutadores possam se originar de outras lutas como Capoeira, Karatê entre outras, no entanto, atletas de MMA praticam preferencialmente 4 estilos de lutas: O Jiu-Jítsu, Muay Thai, Wrestling e Boxe.

O Jiu-Jítsu tem sua origem na Índia há aproximadamente 500AC por monges budistas, desenvolvido como uma arte marcial que se utilizava das alavancas corporais e técnicas de domínio do oponente para se defenderem de ladrões. A arte marcial foi difundida pela Ásia e chegou ao Japão no século XV, sendo chamada de “arte – suave” (OLIVEIRA *et al*, 2006; GRACIE R, 2001). Chegou ao Brasil em 1914, com o Professor Konsei Maeda que, em Belém do Pará ensinou Carlos Gracie, que foi para o Rio de Janeiro em 1920 e montou a primeira Academia de Jiu-jítsu do Brasil. (OLIVEIRA *et al*, 2006).

De maneira prática, o jiu-jítsu consiste na aplicação de técnicas e golpes que visam imobilizar o oponente, como a luta se desenvolve com a tentativa de domínio do adversário é notada a necessidade de desempenho de força e potência, sobretudo a preensão manual que é bastante requisitada (BORGES *et al*, 2009; OLIVEIRA *et al*, 2006; FRANCHINI *et al*, 2003.) O Jiu-Jítsu é hoje um dos esportes mais praticados no Brasil, com mais de 350.000 praticantes e mais de 1.500 pontos de treinamento registrados. (DACOSTA, 2006). O domínio do Jiu-Jitsu é primordial ao lutador de MMA pela grande frequência com que os lutadores vão ao chão durante uma luta.

Luta Livre, Greco-Romana ou Wrestling? A Luta Livre é caracterizada pela possibilidade de atacar e utilizar as pernas ao passo que o estilo Greco-Romano se utiliza apenas o tronco para atacar e derrubar o adversário onde o objetivo é forçar o adversário a encostar as costas no chão. (CBLA – Confederação Brasileira de Lutas Associadas). Wrestling é uma denominação da língua inglesa para as duas modalidades, e sua origem datam de 3000 AC. e é disputada em jogos olímpicos desde 776 AC (ANGEL *et al*, 2007, GRINDSTAFF *et al* 2006). No Brasil o esporte é

pouco difundido, porém nos Estados Unidos o esporte é praticado por grande parte de jovens e adultos (GRINDSTAFF *et al*, 2006). Ao perceber superioridade técnica do seu oponente na luta em pé, o atleta de MMA faz uso de técnicas de Wrestling para derrubá-lo.

No Muay Thai ou Thai Boxing, como é chamado em alguns países de língua inglesa, significa “arte livre” e no Brasil se conhece por Boxe Tailandês, porém, sua prática se dá por golpes altamente contundentes (BASTIDA *et al*, 2010) onde se usa punhos cotovelos, canelas e pés ( CBMT – Confederação Brasileira de Muay Thai), é basicamente como a maioria dos lutadores de MMA começam as lutas, em pé se utilizando das técnicas de Muay Thai. Do boxe por sua vez, os lutadores de Artes marciais Mistas utilizam muito técnicas de “jabs, esquiva, cruzados, e uppers”.

O MMA é um esporte em constante transformação, portanto as lutas descritas ACima apresentam apenas a base principal da maioria dos atletas entendendo que grandes variações ocorram ano a ano.

## **2.2 Genética e ACTN3**

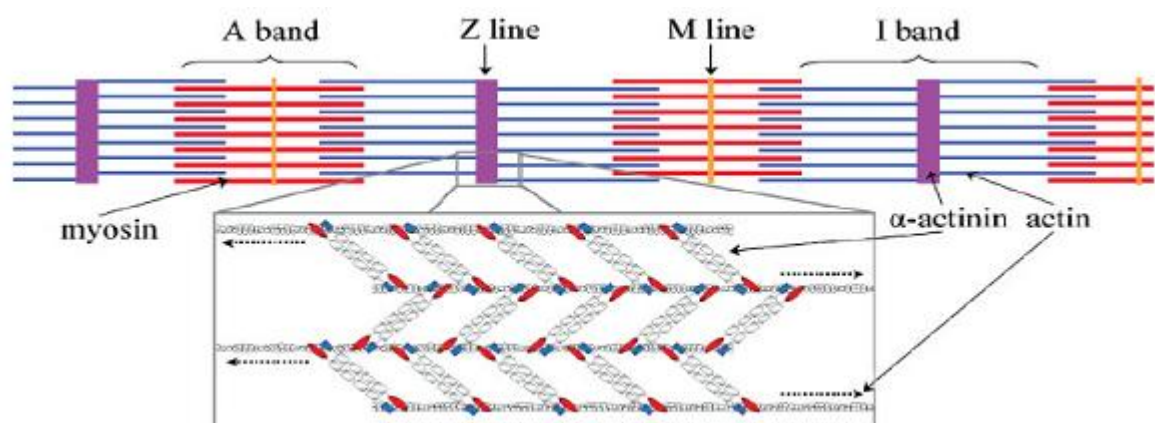
O ácido desoxirribonucleico (DNA) tem a função de controlar a formação do ácido ribonucleico (RNA) que se difunde pelo interior da célula produzindo com a ajuda dos ribossomos, proteínas específicas que serão estruturais ou enzimáticas coordenando o funcionamento celular. No entanto, nem todos os “trechos” (Genes) de DNA sintetizam proteínas, tais segmentos não traduzidos nos genes são chamados de sequências intervenientes ou íntrons e os segmentos codificadores são chamados de éxons. (LEHNINGER *et al*, 2006).

As alfa-actininas (ACTN) são algumas das proteínas produzidas a partir das informações presentes em genes específicos do DNA. São conhecidos 4 tipos de alfa-actininas, ACTN1, ACTN2, ACTN3 e ACTN4, sendo apenas a ACTN2 e ACTN3, proteínas musculares, (BLANCHARD *et al*, 1989). A ACTN constitui a proteína predominante das estruturas muscular sendo um importante componente da linha Z do sarcômero, o ponto de contato das proteínas contráteis, fornecendo suporte estrutural para a transmissão de força quando as fibras musculares são encurtadas promovendo ancoramento dos filamentos de actina e miosina (MAC



ARTHUR *et al*, 2004; Mc HUGH *et al*, 2003.), apresentadas na figura – 1, com funções celulares ainda não bem conhecidas como sinalização e metabolismo muscular.

e posteriormente replicado em laboratório (BEGGS *et al*, 1992). Sabe-se que a isoforma ACTN3 é específica das fibras de contração rápida responsáveis pela geração de força contrátil em alta velocidade. (YANG *et al*, 2003), e esta relacionada com esportes de força e velocidade. O gene da ACTN3 é polimórfico, a troca de nucleotídeo Citosina → Timina na posição 1.747 do éxon 16, é uma mutação resultante da conversão do aminoácido arginina num stop códon prematuro no resíduo 577 (R577X). O polimorfismo gera 3 expressões genótípicas diferenciadas, indivíduos com dominância total para o alelo R, (RR) indivíduos com dominância parcial para o alelo R, (RX) indivíduos recessivos sem o alelo R, (XX) (NORTH *et al*, 1999).



**Figura – 1** Detalhe de localização das alfa-Actininas musculares.

### 2.3 Função estrutural e fisiológica da ACTN3

A ACTN3 como citado anteriormente exerce um papel estrutural com sua presença na linha Z do aparelho contrátil (NORTH *et al*, 1999; Mac ARTHUR *et al*, 2004, McHUGH *et al*, 2003), e parece conferir uma resistência aprimorada quanto ao dano muscular, sobretudo aqueles causados por exercícios excêntricos. Em indivíduos homozigotos para o alelo R, (RR) quando comparados aos homozigotos

para o alelo X(XX) se observa menor volume de Creatina Kinase sérica, que é um importante marcador de dano muscular (VINCENT *et al*, 2010), tal resistência também é observada em modelos animais geneticamente modificados para não produzir a ACTN3 onde sua perda é compensada por uma supra-regulação da ACTN2 e não resulta em mudanças significativas para o conjunto total de ACTN sarcomérica, porém, altera as propriedades elásticas da linha Z, provocando perda de geração de força e aumento da susceptibilidade a danos excêntrico em indivíduos deficientes de ACTN3. (SETO *et al*, 2011; Mac ARTHUR *et al*, 2008) Foram observados nestes modelos que o músculo sem a ACTN3 além da geração de força reduzida, se observou um diâmetro da fibra rápida reduzida, aumento da atividade das múltiplas enzimas na via metabólica aeróbia, alterações nas propriedades contráteis e maior recuperação á fadiga, sugerindo uma mudança nas propriedades de fibras rápidas para as características das fibras lentas (Mac ARTHUR *et al*, 2008). Outro ponto que merece atenção, é a expressão de marcadores celulares de dano muscular a exemplo da Cisteína e Glicina Proteína Rica 3 (CSRP3), a Proteína ankirina cardíaca repetida (CARP), Proteína de choque térmico HSP70, e a interleucina 6 (IL-6) que se apresentam maiores em indivíduos XX quando comparados a indivíduos RR em condições de repouso e no pós exercício.(VINCENT *et al*, 2010). Corroborando estes achados, O estudo conduzido por Pimenta *et al*, (2011), com jogadores profissionais de futebol, submetidos a um protocolo de exercícios pliométricos e excêntricos identificou, que atletas XX apresentaram níveis mais elevados de CK (Creatina Kinase), alfa-actina, e cortisol em relação ao atletas RR e RX e que RR e RX apresentam níveis mais elevados de testosterona e IL-6 comparativamente aos atletas XX. No pós-exercício excêntrico, a expressão de RNAm se apresenta pouco maior em indivíduos RR, (VINCENT *et al*, 2010),o que indicaria uma condição fisiológica pouco mais aprimorada quanto ao dano e recuperação muscular para exercícios de força em indivíduos portadores do alelo R para a ACTN3.

Para Vincent *et al*, (2007), a ACTN3 estaria relacionada também a proporção de fibras de contração rápidas e lentas nos indivíduos, em seu estudo encontrou associações para um maior percentual de fibras de contração rápida em homozigotos do alelo R(RR) porém, nem todos os estudos confluem para mesmos resultados (NORMAN *et al*,2009).

## 2.4 Distribuição populacional da ACTN3

Sabe-se que a frequência dos alelos podem diferir entre populações no entanto, é possível que 16% a 21% da população seja homozigoto para o polimorfismo não-funcional, XX ( Mac ARTHUR & NORTH, 2007; MORAN *et al*, 2007; PAPARINI *et al*, 2007). As variações populacionais para o polimorfismo da ACTN3 podem ocorrer em função da própria evolução dos povos, no entanto, corroborando estes achados, o estudo de Shang *et al*,(2012) observou na distribuição de militares chineses as frequências do genótipo R577X ACTN3 (RR 39,8%, 43,4% RX e XX 16,8%) e alelo R577X (R 61,5% X 38,5%), demonstrando nestes militares uma similaridade com a distribuição encontrada pelos autores supracitados. Em outro estudo, com atletas de endurance e potência, etíopes, quenianos e nigerianos, de onde se objetivava ver a frequência do polimorfismo R577X, Observou-se que frequência do alelo X foi extremamente baixa entre quenianos e nigerianos ( $\approx$  1% homozigose), porém, maior nos etíopes ( $\approx$  11% homozigose).(YANG *et al*, 2007). Neste estudo, por exemplo, a baixa frequência do alelo X, em quenianos é uma surpresa, considerando as associações do polimorfismo da ACTN3 encontradas na literatura.

Já, Gentil *et al*, ( 2011), observou a seguinte distribuição de genótipos entre 141 homens jovens universitários, 34,4% para a RR, 47% para RX e 18,6% para o genótipo XX, demonstrando uma distribuição para uma amostra brasileira muito similar ao de estudos com outros povos.

## 2.5 ACTN3 e performance física

Apesar de a literatura científica apontar para uma certa predominância dos atletas portadores do alelo R, para ACTN3 nos esportes de força e potência, bem como sua ausência em atletas de endurance, (Mac ARTHUR *et al*, 2007; CIESZCZYK *et al*, 2011) quando são analisados praticantes recreacionais de atividade física, diferenças na performance parecem não ocorrer da mesma maneira, os indicadores frequentemente não apresentam diferenças (HANSON *et al*, 2008), sugerindo talvez, que o treinamento mais consistente associado ao genótipo façam a diferença mais à frente.

A presença da ACTN3 em atletas está fortemente associada a esportes que requeiram força e potência, a exemplo dos corredores velocistas e levantadores

(DRUZHEVSKAYA *et al*, 2008; ROTH *et al*, 2008) . Bem como sua ausência está associada com alta performance em atletas de atividades de endurance, onde se observa grande frequência de indivíduos homozigotos em completa ausência da expressão fenotípica da ACTN3. (YANG *et al*,2003).

O estudo de prevalência conduzido por Druzhevskaya *et al*, (2008) em 482 levantadores russos, observou uma baixa frequência, (3,4%) para os genótipos ACTN3 XX, levando a crer que a presença da expressão fenotípica da ACTN3 guarde relação com a prevalência de atletas RR, e RX em modalidades de levantamento de peso.

Corroborando os achados, no estudo de Roth *et al*, (2008) com levantadores e fisiculturistas americanos brancos e negros, homens e mulheres, foi observado que a frequência de portadores da manifestação polimórfica ACTN3, XX, era de 6,7% quando comparada a população em geral (16.3%,  $p=0,005$ ). Indicando a tendência deste perfil genético não se apresentar em fisiculturistas e levantadores.

No estudo de Cieszczyk *et al*, (2011) quando comparados, nadadores velocistas, corredores velocistas e levantadores ,houve prevalência de portadores do alelo R, em corredores velocistas, e uma baixa frequência dos portadores do genótipo XX da ACTN3 quando comparados ao grupo controle, em concordância com outro estudo que encontrou predominância do genótipo RR no grupo de indivíduos praticantes de modalidades de velocidade e potência (HOLDYS *et al*, 2011).

Em outro estudo com atletas finlandeses fundistas e velocistas, A frequência do genótipo XX ACTN3 foi maior do que de os RR, entre os atletas de resistência finlandesa, e, além disso, nenhum dos principais velocistas finlandês apresentaram o Genótipo XX. (NIEMI *et al*, 2005). Nos Etíopes, onde os níveis de linha base do 577XX eram cerca de 11%, não houve aumento da frequência nos atletas de endurance entendendo que a deficiência ACTN3 não apresentava uma grande influência no desempenho dos atletas africanos. (YANG *et al*, 2007).

No estudo de Santiago *et al*, (2008), foi comparada a distribuição do genótipo R577X de 60 jogadores espanhóis profissionais de futebol, com os de 52 atletas de endurance e 123 controles sedentários. A distribuição percentual genotípica de jogadores de futebol RR e RX foram de (48,3% e 36,7%) foi significativamente superior e inferior, respectivamente, do que os controles (28,5% e 53,7%) e atletas de resistência (26,5% e 52%) ( $p = 0,041$ ).

Para avaliar a distribuição de genótipos da ACTN3 em 155 atletas israelenses (idade = 35,9 + 12,2 anos) classificados por esporte (corredores de endurance e velocistas) comparando-os com 240 indivíduos sedentários, foi observado nos velocistas uma predominância mais marcada das frequências alélicas R ( R / X = 0,7 / 0,3) diferente dos atletas de endurance ( R / X = 0,53 / 0,47 ) e o grupo de controle ( R / X = 0,55 / 0,45)( EYNON *et al*,2009).

De qualquer forma, atletas heterozigotos (RX) parecem transitar bem nos diferentes ambientes competitivos, tanto em modalidades de força e potência, como em modalidades de endurance, representando em média 40 a 50% dos atletas, (YANG *et al*,2003).

A presença da ACTN3 em atletas guarda estreita associação a esportes que requeiram força e potência, a exemplo dos corredores velocistas e levantadores. (YANG *et al*, 2003). A expressão genotípica muscular pode influenciar de maneira diferente nos gêneros masculino e feminino, a exemplo do estudo conduzido com corredores de velocidade e endurance onde foram encontradas diferenças na performance das mulheres atletas com genótipos musculares distintos, ao passo que nos homens tal diferença não se apresentou de maneira expressiva (YANG *et al*, 2003).

Já no estudo de Hanson *et al*, (2008) com praticantes recreacionais de atividade física, masculinos e femininos (n=57) distribuídos quanto a seus fenótipos musculares (RR=19,RX=24 e XX=14) ,onde foi avaliada a potência muscular utilizando um protocolo de fadiga em um dinamômetro isocinético e o Teste de Potência Anaeróbia de Wingate, não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.

Corroborando os achados, Santiago *et al*, (2010), observou que não houveram diferenças entre jovens (n=274) que tinham deficiência da ACTN3, submetidos a testes de salto vertical e sprint de 30 metros, demonstrando que praticantes não atletas portadores de fenótipos musculares distintos não apresentam diferenças em indicadores de potência muscular.

Para Ruiz *et al*, (2011), também não foram identificadas diferenças significativas nos valores de salto vertical (vertical squat e counter-movement) em atletas profissionais de voleibol masculino e feminino usando para comparação modelo dominante (RR vs RX+XX) e modelo recessivo (RR+RX vs XX).

No que se refere a indicadores de força, indivíduos homozigotos para o alelo R(RR), apresentam níveis mais altos de produção de força, no estudo de Vincent *et al*, (2007), com 44 homens jovens saudáveis (22XX, e 22RR) e sem histórico de treinamento consistente de força (18-29 anos), avaliados em um dinamômetro isocinético (de 100 a 300°/s), apresentaram diferenças estatisticamente significativas a favor dos indivíduos RR, nas curvas de torque.

Os estudos com polimorfismos genéticos relacionados a performance, ainda produzem resultados divergentes, a exemplo do estudo de Sessa *et al*, (2011), onde foram estudados 82 atletas italianos (n = 29; velocistas, nadadores de curta distância, e jogadores de vôlei) e de esportes "intermitentes" . (n = 53; futebol, basquete e jogadores de hóquei) que encontrou associações entre outros polimorfismos, porém não com a ACTN3.

Para Gentil *et al*, (2011), o polimorfismo no R577X Gene ACTN3 não está associado com a força muscular, pré ou pós treinamento em exercícios resistidos, no entanto, parece estar relacionado com a hipertrofia muscular, onde em seu estudo apenas os portadores do alelo R mostraram aumentos na espessura músculo em resposta ao treinamento.

Quanto ao gênero feminino, se observa que mulheres não praticantes de atividades físicas e portadoras do alelo mutante (577X) esboçam valores de força significativamente menores que as portadoras do alelo selvagem (RR), no entanto quando submetidas ao treinamento resistido, os ganhos referenciados ao ponto de partida se apresentam maiores (CLARKSON *et al*, 2005).

Muito embora o objetivo do presente estudo não seja avaliar as competências aeróbias dos atletas, uma breve abordagem deva ser feita. A ausência da ACTN3 guarda associação com a performance aprimorada em atividades de endurance, onde se observa grande frequência de indivíduos homozigotos em completa ausência da expressão fenotípica da ACTN3. (YANG *et al*, 2003).

Considerando indicadores de consumo de oxigênio, o estudo de Holdys *et al* (2011), realizado com estudantes universitários e atletas profissionais de vários esportes, não encontrou associações estatisticamente significativas do polimorfismo R577X do gene ACTN3 e o nível de consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) porém, encontrou tendência para os valores de VO<sub>2</sub>máx mais altos em indivíduos com os genótipos XX e RX.

Porém, para Lúcia *et al*, (2006) apesar do genótipo ACTN3 XX ser compreendido como fator prejudicial para o desempenho em esportes de velocidade e potência, este não confere uma vantagem sobre o desempenho em modalidades de resistência em homens atletas, bem como não foram encontradas diferenças significativas entre atletas de resistência e indivíduos controles

### **3 METODOLOGIA**

A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências Biológicas da Faculdade Dom Bosco através do sistema de registros de pesquisas envolvendo seres humanos CEP/CONEP, de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, sob-registro número: 225747.

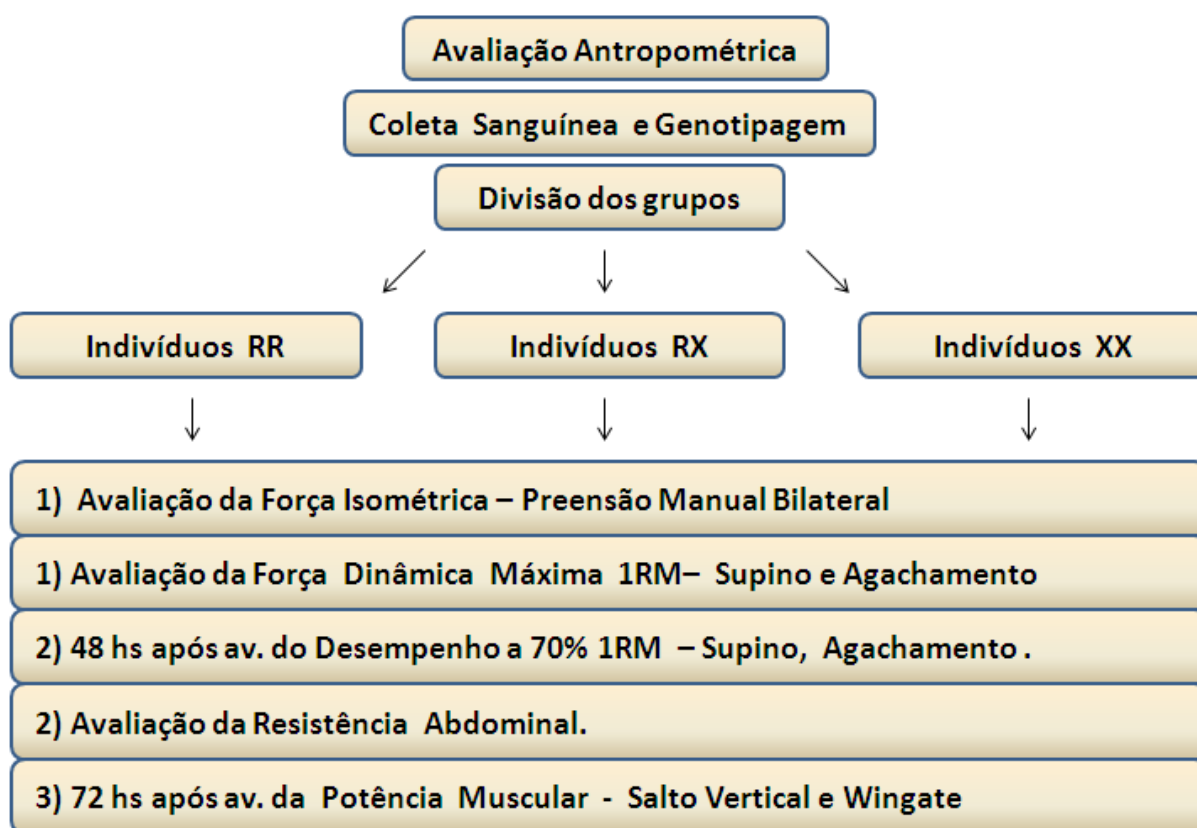
#### **3.1 Design do Estudo**

De acordo com Thomas e Nelson (2007) este estudo se caracteriza enquanto Comparativo Descritivo, na qual o pesquisador procura explorar as diferenças que possam existir entre as variáveis, exceptuando a relação entre causa e efeito. O estudo das relações entre variáveis é entendido como Descritivo porque não há manipulação das variáveis.

##### **3.1.1 Procedimentos**

A primeira etapa consistiu de uma apresentação do estudo aos participantes, bem como, do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO – 1), que foi realizada nas dependências do Centro de Estudos da Performance Física (CEPEFIS), laboratório pertencente ao Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Após a primeira etapa os atletas que decidiram participar do estudo tiveram instruções de como seguiriam as demais fases de avaliações e coletas constituídas por: 2 ) Coleta sanguínea para extração do DNA e procedimentos de Genotipagem , 3) Testes de Força e Desempenho muscular na Academia R2, 4) Teste de salto vertical e Wingate . Onde as etapas 1 e 4 foram executadas no Centro de Estudos da Performance Física (CEPEFIS), laboratório pertencente ao Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná, a etapa 3 em parceria com a Academia R2 e a etapa 2 foi realizada em parceria com a Universidade Tuiuti do Paraná – UTP, Setor de Ciências Biológicas, laboratório de Genética, como descrito na figura – 2 logo abaixo.





**Figura – 2** Design do estudo.

### 3.2 Caracterização da amostra

Participaram do estudo 18 atletas lutadores de MMA voluntários, 11 amadores e 7 profissionais após assinarem o “termo de consentimento esclarecido” logo após, realizaram os seguintes procedimentos de caracterização.

#### 3.2.1 Avaliação Antropométrica

Após assinatura do termo, os lutadores foram submetidos a uma avaliação antropométrica, onde foram coletados os valores de peso corporal, estatura e dobras cutâneas. De maneira geral e nas demais avaliações, os atletas foram instruídos a não praticarem qualquer tipo de exercício físico antes das coletas, bem como ingerir alimentos com alto teor energético ou que contenha cafeína, ou ergogênicos de quaisquer naturezas, pelo menos há três horas antes dos testes.

As avaliações antropométricas foram realizadas em uma sala, pertencente ao Centro de Estudos da Performance Física (CEPEFIS) da Universidade Federal do Paraná.

Inicialmente foram obtidos a estatura e o peso, com a utilização de um estadiômetro Sanny com precisão de 1 mm e uma balança de marca Toledo com precisão de 50 gramas, respectivamente.

Com relação à coleta de espessura de dobras cutâneas, foram realizadas por apenas um avaliador experiente, sendo efetuada sempre no hemicorpo direito dos avaliados e de acordo com os procedimentos apresentados por HEYWARD & STOLARCZYK, (2000).

Foi utilizado um adipômetro da marca Cescorf, com resolução de 0,1 mm e pressão de 10 g/mm<sup>2</sup>, sendo coletadas as seguintes dobras cutâneas de acordo com os seus respectivos pontos anatômicos (HEYWARD & STOLARCZYK 2000):

- **Subescapular:** foi medida obliquamente, imediatamente abaixo da extremidade do ângulo inferior da escápula;
- **Tricipital:** foi medida na região posterior do braço, no ponto médio de uma linha imaginária entre o ponto distal e proximal do tríceps;
- **Peitoral:** foi medida no ponto medial de uma linha imaginária traçada entre a linha axilar anterior e o mamilo;
- **Axilar:** foi medida longitudinalmente na linha axilar média, no mesmo nível do apêndice xifóide do osso esterno;
- **Suprailíaca:** foi medida obliquamente, no ponto médio de uma linha imaginária entre a última costela e a crista ilíaca;
- **Abdominal:** foi medida verticalmente a 2,5 cm a direita da cicatriz umbilical;
- **Coxa:** foi medida paralelamente ao eixo longitudinal do corpo, na distância média de uma linha imaginária entre o trocânter femoral e a borda superior da patela.

Para o cálculo do percentual de gordura, foi utilizada a equação desenvolvida para ser aplicada em atletas, proposta por Jackson & Pollock, (1978). Esse método fornece o valor da densidade corporal, que foi posteriormente convertida em gordura corporal relativa pela equação de Siri, (1961).

Os dados antropométricos caracterizaram a amostra de acordo com a tabela 1, apresentada logo abaixo.

**Tabela 1** – Média, desvio-padrão e intervalo de confiança dos dados antropométricos, dos atletas da amostra (n=18).

Variáveis	Média $\pm$ DP	*Lim.Superior	*Lim. Inferior
Idade (anos)	26,277 $\pm$ 4,011	28,130	24,424
Estatuta (cm)	176,500 $\pm$ 7,594	180,008	172,991
Massa Corporal (Kg)	79,872 $\pm$ 11,009	84,958	74,786
% Gordura	11,316 $\pm$ 2,324	12,389	10,242

\* Foi adotado 95% para a amplitude do Intervalo de confiança.

### 3.2.2 Genotipagem

#### 3.2.2.1 Coleta sanguínea

A coleta do sangue dos atletas foi realizada por uma enfermeira a partir do sangue periférico venoso com auxílio de agulha para coletas múltiplas. O armazenamento do material biológico foi realizado em tubos a vácuo de 4 mL com EDTA (BD Vacutainer®). Os tubos foram armazenados sob-refrigeração (2 a 8 °C) num prazo máximo de 3 dias até a ocasião da extração do DNA.

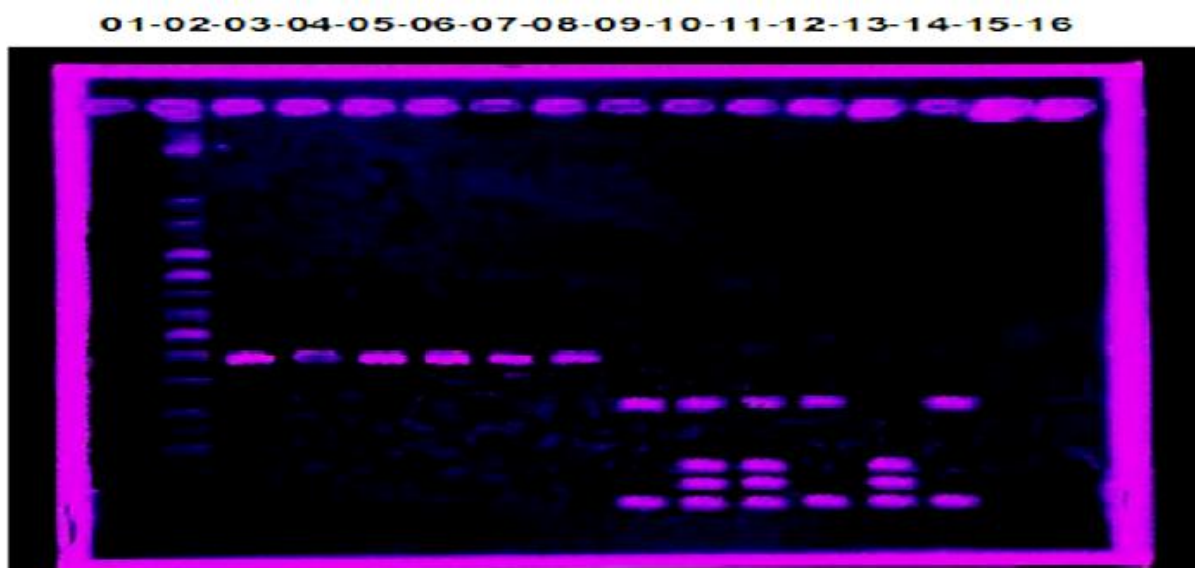
#### 3.2.2.2 Extração do DNA dos atletas

A extração do DNA dos atletas foi feita a partir dos leucócitos do sangue periférico pela técnica de *salting out* (MILLER *et al*, 1988). com auxílio do kit BioPur Spin 50 (Biometrix, Curitiba) segundo instruções do fabricante.

#### 3.2.2.3 Genotipagem do polimorfismo R577X no gene ACTN3

A genotipagem do polimorfismo R577X do gene *ACTN3* foi realizada pela técnica PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) associada ao Polimorfismo dos comprimentos dos fragmentos de restrição. Os atletas foram divididos em grupos de mesmo genótipo: RR, RX e XX. O éxon 15 do gene *ACTN3*, onde se encontra o polimorfismo, foi amplificado utilizando os seguintes iniciadores: direto 5'-CTGTTGCCTGTGGTAAGTGGG-3' e reverso 5'-TGGTCACAGTATGCAGGAGGG-3', ancorados nas sequências dos íntrons adjacentes (MILLS *et al*, 2001). O sistema reacional teve um volume total de 25  $\mu$ L, sendo composto por 1x Tampão para Taq,

1,5 mM MgCl<sub>2</sub>, 0,2 mM de dNTP, 1,0 µM de cada iniciador, 1 unidade de Taq DNA polimerase e 100 ng de DNA genômico como molde. O programa de amplificação foi realizado com os seguintes passos: 95°C por 5 minutos de desnaturação inicial e liberação da enzima, seguida de 30 ciclos de desnaturação a 94°C por 30 segundos, anelamento a 58°C por 30 segundos, extensão a 72°C por 30 segundos. Terminados os 30 ciclos, houve 5 minutos de extensão final a 72°C. Após a amplificação, 10 µL do produto da PCR foram digeridos por 10 unidades da enzima Dde I por 4 horas em Banho-Maria a 37°C. Os alelos R ou X (códon CGA e TGA) foram distinguidos pela presença (577X) ou ausência (577R) do sítio de restrição da enzima Dde I (5'-C↓TNA G-3')(MILLS *et al*, 2001). Os fragmentos de restrição foram separados por eletroforese em gel de agarose a 3% e revelados com brometo de etídeo a 5 µg/mL. O alelo ACTN3 577R gerou fragmentos de 205 e 86 pares de bases (pb), enquanto o alelo ACTN3 577X gerou fragmentos de 108, 97 e 86 pb (YANG *et al.*, 2003). A inspeção visual foi realizada logo após a fim de classificar o genótipo de cada atleta, demonstrado na figura - 3.



**Figura – 3** Exemplos da revelação genômica da ACTN3. O No poço 01 está o controle negativo, no poço 02 o Ladder como marcador de peso molecular, nos poços 03, 04, 05, 06, 07 e 08, estão os produtos da PCR (gene completo), nos poços 09, 12, 14, foram gerados 2 fragmentos para indivíduos RR, nos poços 10 e 11 fragmentos para o alelo R e alelo X para indivíduos RX, e no poço 13, 3 fragmentos para o alelo X, caracterizando portanto, o indivíduo XX.

### **3.3 Amostra**

A amostra foi composta por 18 atletas masculinos de MMA, com Idade média de  $26,3 \pm 4,0$  (anos), estatura,  $176,5 \pm 7,6$  (cm), massa corporal  $79,9 \pm 11,0$  (Kg), e Gordura  $11,3 \pm 2,3$  (%). Genotipados quanto ao polimorfismo R577X da *ACTN3*, caracterizados em; 6 indivíduos RR homozigotos para o alelo R, 9 heterozigotos RX e 3 homozigotos XX. Todos com prática mínima de 1 ano e com participação em competições oficiais de nível mínimo Estadual. Os praticantes são residentes da cidade de Curitiba-PR, todos sob treinamento e estavam aptos para seguir o conjunto de avaliações do presente estudo. O processo de amostragem foi realizado por conveniência e voluntariado.

#### **3.3.1 Critérios de inclusão e exclusão**

Foram adotados como critérios de inclusão no presente estudo: 1) Atletas lutadores de MMA do sexo masculino de 3 academias de Curitiba com pelo menos 1 ano de treinamento ; 2) Atletas que treinavam no mínimo 3 vezes por semana; 3) Idade compreendida entre 18 e 40 anos; 4) A participação de competições oficiais de nível mínimo, estadual.

Como critérios de exclusão: 1) histórico recente (mínimo de 6 meses) de lesões musculares que impossibilitassem a realização dos testes; 2) procedimentos cirúrgicos ortopédicos (mínimo de 1 ano); 3) Doença cardiovascular diagnosticada 4) Não ter idade entre 18 e 40 anos; 4) Não ter participado de competições oficiais.

### 3.4 Avaliações de Força e Potência Muscular

#### 3.4.1 Avaliação da força isométrica

O teste de força de preensão manual foi realizado três vezes de cada lado, de maneira alternada, com um minuto de intervalo entre as tentativas, sendo que, em cada uma, o avaliado foi orientado e estimulado a gerar a maior força possível, (ACSM, 2006; FRANCHINI *et al*, 2003). Para tal, foi utilizado o dinamômetro da marca Jamar ® com escala em kilograma força (Kgf), Abaixo segue o detalhe do equipamento utilizado, (figura - 4)



**Figura 4 –** Dinamômetro de preensão manual

#### 3.4.2 Avaliação da Força Máxima Dinâmica 1RM

Os atletas foram submetidos a dois testes de repetições máximas (1RM) no supino reto e no agachamento, para avaliar sua força (RATAMESS *et al*, 2009; FRANCHINI *et al*, 2003; DANTAS, 2003). O processo de familiarização dos testes de força máxima não foi necessário pois todos os avaliados já haviam passado, ou incluíam o treinamento de musculação em suas rotinas de preparação física. O teste se iniciou com aquecimento no movimento específico em repetições sub-máximas, onde o 1RM foi determinado em 4 tentativas com intervalo de 3 a 5 minutos iniciando com 70% da capacidade de percepção do indivíduo, onde aumentos posteriores foram efetuados na ordem de 2,5 – 20 Kg com os atletas sendo encorajados verbalmente até que pudessem realizar apenas 1 repetição máxima (ACSM, 2006).

No teste do supino (Figura - 5), o avaliado foi posicionado em decúbito dorsal no banco com suporte para barra, onde sua empunhadura foi realizada com os braços abduzidos a aproximadamente 90° em relação ao tronco (DEL VECHIO *et al*, 2007), durante o teste os avaliados ficaram sob supervisão de 3 profissionais experientes em musculação posicionados um a cada lado da barra e outro logo atrás para garantir a segurança dos avaliados, no agachamento livre (Figura - 6), os avaliados realizaram o movimento em flexão de joelho em uma amplitude restrita á 90° graus de flexão máxima com a barra posicionada sobre os ombros e uma almofada protetora na barra e cinto abdominal para estabilização. Lembrando que além dos 3 profissionais supervisionando a execução, o suporte da barra contava com um apoio lateral limitador, caso houvesse falência da força.



**Figura 5 – Supino Reto**



**Figura 6 – Agachamento**

### **3.4.3 Avaliação do Desempenho Muscular**

O desempenho muscular dos atletas foi avaliado com a realização dos exercícios de supino e agachamento em carga fixada a 70% de 1RM (RATAMESS *et al*, 2009; DANTAS, 2003; THOMAS *et al*, 1989).

No teste de resistência abdominal (figura - 7) os atletas realizaram o número máximo de repetições tecnicamente corretas e possíveis sob encorajamento verbal dos avaliadores. Neste teste, os avaliados foram posicionados sobre um colchonete em decúbito dorsal braços cruzados á frente do corpo com os joelhos fletidos, pés completamente apoiados no solo com o avaliador os segurando. Os avaliados

realizaram o máximo de repetições possíveis dentro de um minuto (HEYWARD, 2004).

Os testes de resistência muscular localizada foram feitos no mesmo local dos testes de 1RM com o mesmo equipamento e com a mesma equipe, porém, em dias diferentes e com 48 horas sem atividade física prévia aos testes. Os atletas foram orientados a não utilizarem suplementação ergogênica antes dos testes e, em nenhum momento do estudo.



**Figura 7–** Teste de resistência abdominal

#### **3.4.4 Teste de Wingate**

Para a realização do teste de anaeróbio de Wingate foram seguidas as recomendações descritas por IMBAR *et al*, (1996). Onde os atletas fizeram um aquecimento prévio de 5 minutos com apenas a resistência de inércia do próprio cicloergômetro com dois tiros de 4 segundos realizados no 2º e no 4º minutos, foi promovido um descanso de 10 minutos para restabelecimento das fontes primárias de energia, logo após o teste deu início e o avaliado foi encorajado pelos avaliadores a pedalar o mais rápido possível durante 30 segundos contra a resistência de 7,5 % de sua massa corporal, logo após o avaliado permaneceu pedalando com apenas a carga de inércia do equipamento durante 3 a 5 minutos para evitar tontura ou síncope decorrentes da realização do teste.



Foram obtidos dados de potência absoluta máxima ou pico de potência , potência relativa , média de potência e índice de fadiga. Estes dados foram calculados via registro a cada segundo pelo software CEFISE- (BIOTECNOLOGIA ESPORTIVA).

#### 3.4.5 Salto Vertical

Para se determinar a habilidade funcional do atleta o salto vertical é um modo padrão ouro. Ele tem sido especificamente utilizado para avaliar a potência anaeróbia de atletas (CROSS *et al*, 1996; BAILEY *et al*, 2007). O salto vertical (*counter movement jump*) é uma técnica de salto contramovimento com o auxílio dos membros superiores (Figura - 8). Para sua realização os sujeitos foram posicionados entre as réguas de leitura da plataforma de saltos, posicionaram os braços estendidos acima da cabeça, e ao sinal sonoro do software executaram a flexão dos joelhos com descida simultânea dos braços para logo em seguida saltar com a elevação dos braços , (GOMES *et al*, 2009).

No presente estudo, a avaliação do salto vertical contra-movimento (*counter movement jump*) foi realizada por meio da plataforma de saltos Sys Jump , pertencente ao CEPEFIS.



**Figura 8** - Salto vertical contra-movimento.

O Sys Jump é um sistema que mensura as variáveis relacionadas aos saltos. O sistema apresenta tempo de contato, tempo de voo, altura atingida, Potência em W e W/kg, Transfere os dados para o Excel, possui filtros para saltos válidos, permite configuração para número de saltos ou tempo de saltos (SYSTWARE – [www.systware.com.br](http://www.systware.com.br)).

### **3.5 Análise estatística**

Para representação do conjunto dos dados foi realizada uma estatística descritiva, com média, desvio-padrão. Para o prosseguimento das análises, todas as variáveis foram analisadas através do teste de Shapiro-Wilks para testar os pressupostos de normalidade, o qual definiu que os dados apresentavam distribuição normal. Para analisar as diferenças entre os grupos de genótipos para os testes propostos foi utilizado a análise de variância (ANOVA) seguido do teste de comparações múltiplas (*Post-Hoc*) de Tukey. Para analisar o modelo dominante (RR vs RX+XX), e o modelo recessivo (RR+RX vs XX) e as possíveis diferenças entre os genótipos com os testes físicos, foi aplicado o teste “t” independente, adotando-se para todos os testes o nível de significância de  $p \leq 0,05$ , utilizando o pacote estatístico PASW 18.0.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Distribuição genotípica

O presente estudo objetivou inicialmente identificar o polimorfismo R577X da ACTN3 em uma amostra de 18 lutadores voluntários amadores de MMA que se distribuiu da seguinte maneira: 6 indivíduos homozigotos com dominância total, entendidos como RR, 9 indivíduos heterozigotos com dominância parcial para o alelo R, entendidos como RX, e finalmente, 3 indivíduos homozigotos recessivos para o alelo X, caracterizados portanto, XX.

A distribuição percentual dos lutadores se apresentou na seguinte proporção: 33,33 % indivíduos RR, 50,00% indivíduos RX, e 16,66% de indivíduos XX, e apesar da amostra constituída ser pequena, obedeceu a uma proporção encontrada por outros autores de que 16% a 21% da população geral seja homozigoto para o polimorfismo não funcional, XX (MAC ARTHUR & NORTH, 2007; MORAN *et al*, 2007; PAPARINI *et al*, 2007).

A amostra também se alinha aos Achados de Gentil *et al*, (2011), que apresenta uma referência brasileira para os demais genótipos em seu estudo com 141 homens jovens universitários com a seguinte distribuição , 34,4% para a RR, 47% para RX e 18,6% para o genótipo XX, entendendo que a faixa etária média da amostra do presente estudo é semelhante a dos universitários, sobretudo por serem brasileiros.

Após sua caracterização, os atletas realizaram uma bateria de testes que objetivou mensurar indicadores de força e potência muscular, apresentados na tabela 2.

**Tabela 2** – Média, desvio-padrão e intervalo de confiança dos testes de força e potência dos atletas da amostra (n=18).

Variáveis	Média $\pm$ DP	*Lim. Superior	*Lim. Inferior
1RM Supino (absoluto)	97,14 $\pm$ 15,88	104,47	89,80
1RM Supino (relativo)	1,22 $\pm$ 0,13	1,28	1,15
1RM Agachamento (absoluto)	119,13 $\pm$ 21,05	128,86	109,40
1RM Agachamento (relativo)	1,50 $\pm$ 0,24	1,61	1,38
Preensão Manual (Kgf)	42,44 $\pm$ 10,21	47,16	37,72
70% Supino (Reps)	15,27 $\pm$ 2,51	16,44	14,11
70% Agachamento (Reps)	17,50 $\pm$ 3,48	19,11	15,89
Teste Abdominal (Reps)	51,61 $\pm$ 7,44	55,04	48,17
S V (cm)	43,16 $\pm$ 4,27	45,14	41,19
S V Pot. Pico (W)	5549,71 $\pm$ 426,27	5746,64	5352,79
SV Pot. Rel.(W/Kg)	70,14 $\pm$ 6,13	72,97	67,31
WT Pot. Pico (W)	770,23 $\pm$ 112,86	822,37	718,09
WT Pot. Máx. Rel. (W)	550,27 $\pm$ 73,08	584,03	516,51
WT Pot. Pico.Rel.(W/kg)	9,63 $\pm$ 1,12	10,15	9,11
WT Pot. Med.Rel.(W/Kg)	6,88 $\pm$ 0,65	7,18	6,57
Índice de fadiga (%)	48,55 $\pm$ 10,93	53,59	43,49

\* Foi adotado 95% para a amplitude do Intervalo de confiança. Reps são repetições entendendo um movimento completo, SV= salto vertical, WT= wingate, Pot = potência. valores absolutos representam o máximo alcançado pelo atleta e o relativo é este máximo dividido pelo seu peso.

#### 4.2 1RM no agachamento e supino

Os dados apresentados na tabela-2 acima tem um papel caracterizador ainda que a amostra seja pequena, pois para lutadores de MMA ainda existe uma carência muito grande de qualquer referencial. Os atletas foram submetidos a dois testes de repetições máximas (1RM) no supino reto e no agachamento, para avaliar sua força, este teste foi escolhido basicamente por três motivos; primeiro ,por ser um método padrão-ouro para representar a força máxima do atleta em um dado exercício (RATAMESS *et al*, 2009; FRANCHINI *et al*, 2003; DANTAS, 2003), segundo, por se utilizar de grupos musculares grandes, guardando uma relação maior com a força

geral do atleta, e por fim, a aplicabilidade no sentido operacional dos testes pois não exige equipamentos sofisticados nem calibrações de extrema complexidade. Infelizmente a literatura atual não apresenta dados de força para esta população em específico, porém os valores absolutos das médias e desvios encontrados no presente estudo para o exercício supino e agachamento, encontram proximidade com dados encontrados na literatura em lutadores de Jiu-Jítsu, modalidade base do MMA, (DEL VECHIO *et al* 2007; BIANCHI *et al*, 2005).

Valores relativos entendidos como produto do total de carga levantada dividido pelo peso do atleta nos exercícios supino e agachamento, geram um coeficiente primário para utilização na inferência da carga máxima (1RM), de outros atletas de MMA nestes exercícios específicos, a exemplo de (BEACHLE *et al*, 2000 *apud* HEYWARD, 2004). Naturalmente, estudos com amostras maiores trarão coeficientes de maior fidedignidade.

### **4.3 Preensão manual**

No presente estudo os valores de preensão manual encontrados apresentaram um alto desvio-padrão,  $42,444 \pm 10,216$ , Com atletas esboçando valores abaixo de 30 Kgf, para a mão mais forte, porém, como no MMA os atletas se utilizam de múltiplas capacidades físicas, por vezes tal déficit é compensado por outras habilidades.

Se a amostra do presente estudo for comparada com valores normativos populacionais, de outros continentes, os valores de média e desvio ficam abaixo do esperado, (MASSY-WESTROPP *et al*, 2011). Os achados nos valores de preensão manual dos lutadores deste estudo mostram que esta capacidade se necessária, deva ser trabalhada com exercícios específicos.

### **6.1 Desempenho no agachamento, supino e abdominal.**

Para os valores encontrados no presente estudo em número de repetições máximas a 70% de 1RM para os exercícios propostos, a média e desvio do exercício supino é comparável aos Achados de (THOMAS *et al*, 1989), para atletas da seleção canadense de judô, repetições máximas a 70% de 1RM, porém os dados encontrados para o exercício de agachamento, apresentam-se como valor referencial, sem dados para comparação na literatura científica atual.

Quanto à avaliação dos exercícios abdominais em movimentos completos e corretos realizados em um minuto os lutadores apresentaram valores muito próximo dos valores encontrados por (THOMPSON & VINUEZA 1991; TOSKOVIC *et al*, 2004), tais comparações são pertinentes por se tratar de lutadores que também se utilizam muito da musculatura abdominal para realização de suas técnicas de combate.

#### **4.5 Salto vertical contra movimento**

Nas avaliações de salto verticais contra movimento (counter movement jump) nos atletas de MMA, foram colhidos os dados de altura do salto em cm, potência pico e potência relativa. Nos saltos verticais as potências totais e relativas não possibilitaram comparações pela escassez de estudos considerando estas variáveis, no entanto, demonstram proximidade com homens jovens da mesma faixa etária entre os valores de altura dos saltos. (BUBANJ *et al*, 2010),

#### **4.6 Wingate**

No teste de potência anaeróbia de Wingate, os atletas avaliados apresentaram valores de pico de potência, potência média, potência pico relativa, potência média relativa e índice de fadiga dentro de parâmetros de normalidade, sem diferenças expressivas em relação a outros estudos com atletas (MAUD & SHULTZ, 1989; SANDS *et al*, 2004). Os resultados encontrados nos testes de potência no presente estudo demonstram que atletas praticantes de MMA não diferem muito de atletas de outras modalidades em termos de desempenho desta capacidade física.

#### **4.7 Análise comparativa entre os genótipos, RR, RX e XX.**

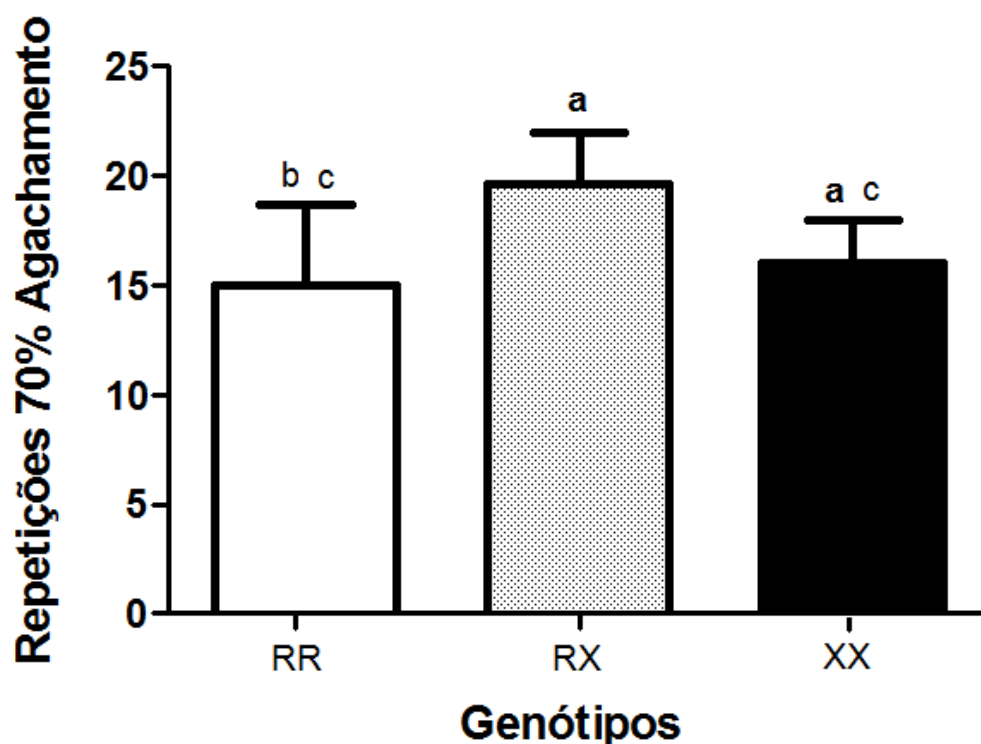
Uma vez classificados quanto ao polimorfismo R577X da *ACTN3*, foi possível estabelecer as devidas comparações entre os grupos quanto à sua dominância ou recessividade, segue abaixo a tabela – 3 com dados expressos em valores de média e desvio padrão.

**Tabela 3-** Análise comparativa ANOVA ONE-WAY entre os genótipos, RR, RX e XX.

VARIÁVEIS	RR (n=6)	RX(n=9)	XX(n=3)	F	p-valor
1RM Sup. (rel)	1,27±0,14	1,19±0,14	1,18±0,06	0,72	0,50
1RM Aga (rel)	1,64±0,27	1,40±0,21	1,49±0,19	1,85	0,19
70% Sup. (Reps)	15,83±3,25	15,33±2,44	14,00±0,00	0,50	0,61
70% Aga (Reps)	15,00±3,68 <sup>a</sup>	19,66±2,34 <sup>b</sup>	16,00±2,00 <sup>ab</sup>	5,40	0,02
PM.(Kgf)	39,50±11,79	46,44±9,68	36,33±3,21	1,57	0,24
Abdominal	51,50±8,01	50,88±8,53	54,00±2,64	0,18	0,84
SV (W)	5529,82±356,56	5698±467,78	5141,75±17,83	2,20	0,14
SV(W/Kg)	69,26±5,72	69,30±6,65	74,43±5,26	0,86	0,44
WT Pico (W)	782,65±71,62	789,59±141,31	687,33±55,67	0,97	0,40
WT Méd. (W)	556,78±48,68	563,19±91,19	498,48±37,10	0,91	0,42
WT Pico. (W/kg)	9,79±1,06	9,42±1,16	9,93±1,45	0,30	0,74
WT Med. (W/Kg)	6,96±0,59	6,73±0,77	7,15±0,34	0,51	0,61
IF(%)	50,92±8,39	49,17±13,00	41,92±8,83	0,68	0,52

*Sup.(rel) =exercício supino com carga relativa, Aga.(rel)= exercício agachamento com carga relativa, 70% Sup e 70% Aga.=repetições máximas a 70%de 1 RM, PM= Preensão Manual, SV=salto vertical. WT = Teste de Wingate e IF = Índice de Fadiga (%). Letras diferentes apresentam diferenças estatisticamente significativas (p< 0,05).*

Para realização das análises entre os subgrupos dos genótipos RR, RX e XX, os dados passaram pelo teste de normalidade de Shapiro Wilks, seguido de uma ANOVA ONE-WAY, onde algumas das variáveis descritas na tabela anterior, não fizeram parte desta análise, como por exemplo alguns dados dos testes expressos em valores absolutos uma vez que os valores relativos seriam teoricamente mais sensíveis para demonstrar possíveis diferenças, no entanto a maior parte das variáveis não apresentaram diferença estatisticamente significativa, exceto os valores de repetições máximas a 70% de 1RM no exercício de agachamento, representado na figura - 9 a seguir.



**Figura 9** – Gráfico do teste **70% de 1RM** de agachamento. Letras diferentes apresentam diferenças estatisticamente significativas, para o valor de  $F= 5,406$  e  $p = 0,017$ . Adotado o nível de significância para o valor de  $p<0,05$ .

#### 4.8 Análise comparativa com modelo dominante.

Pouca diferença foi encontrada neste modelo, em razão disto, optou-se por estabelecer mais dois modelos de comparação, utilizando o modelo dominante (RR vs RX+XX) no intuito de identificar diferenças isolando os indivíduos homozigotos dominantes para o alelo R, comparando-os com a soma de indivíduos heterozigotos com homozigotos recessivos para o alelo X, ( RUIZ *et al*, 2011). Ao associar 2 dos três grupos, foram formados 2 grupos que pelo pressuposto de normalidade , indicava a utilização do teste “t” independente, descrito na tabela- 3 a seguir.

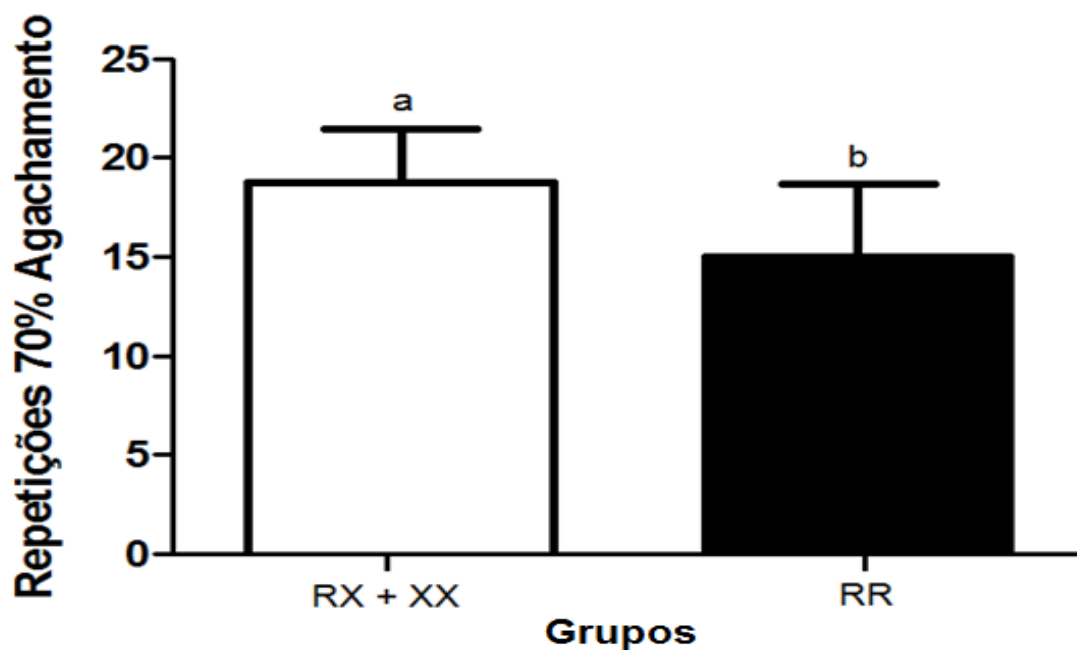


**Tabela 4** - Análise comparativa utilizando o modelo dominante RR vs (RX+XX) com o teste “t” independente.

VARIÁVEIS	RR (n=6)	vs	(RX + XX) (n=12)	p-valor
1RM Sup. (rel)	1,27±0,14		1,19±0,12	0,302
1RM Aga (rel)	1,64± 0,28		1,428±0,20	0,302
70% Sup. (Reps)	15,83±3,25		15,00±2,17	0,705
70% Aga (Reps)	15,00±3,69 <sup>a</sup>		18,75±2,73 <sup>b</sup>	0,042
PM.(Kgf)	39,50±11,79		43,91±9,54	0,453
Abdominal	51,50±8,02		51,66±7,50	1,000
SV (W)	5529,83±356,57		5559,66±471,92	0,925
SV(W/Kg)	69,26±5,72		70,58±6,53	0,606
WT Pico (W)	782,65±71,63		764,02±131,25	0,779
WT Méd. (W)	556,78±48,68		547,01±84,51	0,708
WT Pico. (W/kg)	9,80±1,06		9,55±1,19	0,743
WT Med. (W/Kg)	6,96±0,60		6,84±0,70	0,511
IF (%)	50,92±8,39		47,36±12,16	0,349

Sup.(rel)=exercício supino com carga relativa, Aga.(rel)= exercício agachamento com carga relativa, 70% Sup e 70% Aga.=repetições máximas a 70%de 1 RM, PM= Preensão Manual, SV=salto vertical, WT = Teste de Wingate e IF = Índice de fadiga (%). Letras diferentes apresentam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

Para o modelo de análise dominante (RR vs RX+XX), a maior parte dos valores encontrados para os testes de força, desempenho e potência também não apresentaram diferença estatisticamente significativa quando aplicado o teste “t” independente, com exceção do exercício agachamento com 70% de 1RM, que a exemplo da ANOVA, apresentou diferença, com valor de  $p = 0,042$ , no entanto, um pouco maior para o teste “t”. Segue abaixo a figura - 10 representando a amplitude das diferenças.



**Figura 10** – Gráfico do teste de **70% de 1RM** de agachamento para modelo dominante. Letras diferentes apresentam diferenças estatisticamente significativas, para o valor de  $p = 0,042$ , adotado o nível de significância para o valor de  $p < 0,05$ .

#### 4.9 Análise comparativa com modelo recessivo.

Após realizarmos o teste “t” independente para o modelo dominante, aplicamos o mesmo teste para compararmos o modelo recessivo (RR+RX vs XX), neste caso, o volume amostral em cada grupo, foi muito dispare, contando com 15 indivíduos somadas as dominâncias totais e parciais em um grupo, e 3 indivíduos homozigotos recessivos, no outro grupo. Segue abaixo a tabela – 4 com os valores encontrados.

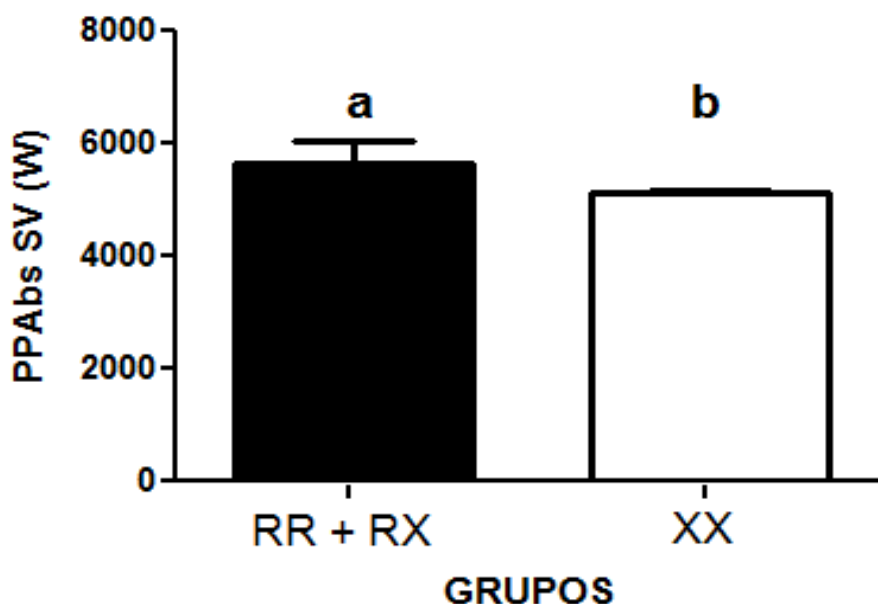
**Tabela 5** - Análise comparativa utilizando o modelo recessivo (RR+RX) vs XX com o teste “t” independente.

VARIÁVEIS	(RR + RX) (n=15)	XX (n=3)	p-valor
1RM Sup. (rel)	1,22±0,14	1,18±0,06	0,767
1RM Aga (rel)	1,50±0,26	1,49±0,19	0,953
70% Sup. (Reps)	15,53±2,69	14,00±0,00	0,281
70% Aga (Reps)	17,80±3,68	16,00±2,00	0,403
PM.(Kgf)	43,66±10,75	36,33±3,21	0,192
Abdominal	51,13±8,04	54,00±2,64	0,441
SV (W)	5631,31±421,67 <sup>a</sup>	5141,75±17,84 <sup>b</sup>	0,038
SV(W/Kg)	69,28±6,08	74,43±5,26	0,260
WT Pico (W)	786,82±115,13	687,33±55,67	0,066
WT Méd. (W)	560,67±74,82	498,48±37,10	0,110
WT Pico. (W/kg)	9,57±1,10	9,93±1,45	0,553
WT Med. (W/Kg)	6,82±0,69	7,156±0,34	0,342
IF (%)	49,87±11,07	41,92±8,83	0,214

*Sup.(rel) =exercício supino com carga relativa, Aga.(rel)= exercício agachamento com carga relativa ,70% Sup e 70% Aga.=repetições máximas a 70%de 1 RM, PM= Preensão Manual, SV=salto vertical, WT = Teste de Wingate e IF = Índice de Fadiga (%). Letras diferentes apresentam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ).*

No modelo recessivo, apesar do volume amostral ser relativamente pequeno, para os indivíduos homozigotos, os valores de p, se apresentam menores em comparação ao modelo dominante, sugerindo talvez, que a ampliação da amostra pudesse apresentar diferenças significativas em outros indicadores.

Neste modelo, diferente da comparação entre os três grupos na ANOVA e da comparação no modelo dominante com o teste “t” independente, este mesmo teste apresenta, diferenças em variáveis distintas, onde o pico de potência gerado no salto vertical, foi significativamente diferente entre os grupos avaliados com  $p=0,038$ , para um nível de significância de  $p < 0,05$ . Apresentado na figura – 11 a seguir.



**Figura 11** – Gráfico do teste de salto vertical no modelo recessivo. Letras diferentes apresentam diferenças estatisticamente significativas, para o valor de  $p = 0,038$ , adotado o nível de significância para o valor de  $p < 0,05$ .

## 9. CONCLUSÕES

Considerando os resultados apresentados no presente estudo, algumas conclusões podem ser realizadas.

- O treinamento dos atletas de MMA é de extrema intensidade quando são consideradas as múltiplas capacidades físicas, porém nos resultados encontrados nos testes de força dos exercícios de supino e agachamento, não são muito diferentes de praticantes de musculação levando a crer que estas variáveis talvez não devam ser consideradas como imprescindíveis, mas sim como coadjuvantes no processo de treinamento dos atletas. As comparações estabelecidas entre os genótipos também não trouxeram diferença significativa para estes testes, apesar de nenhum dos atletas realizarem treinamento consistente

de força durante seu período de preparação, mas sim um treinamento linear sem grandes intensidades.

- Para os testes de preensão manual, esperavam-se resultados acima dos atletas de outras modalidades de lutas, no entanto, estes valores se apresentaram dentro dos padrões de normalidade, porém, como não foi possível estratificar profissionais e amadores em função do volume da amostra, talvez estabelecendo esta diferenciação, resultados distintos possam vir a aparecer. As utilizações da força das mãos em combates de MMA são muito frequentes e, talvez os atletas desta modalidade devam melhorar os indicadores neste quesito.
- Quanto aos testes de desempenho, no supino e agachamento e abdominais, a similaridade dos valores mais uma vez apresentou com exceção do agachamento, onde os indivíduos RX, apresentaram maiores valores do que os indivíduos RR, mas não diferentes dos indivíduos XX, talvez outros polimorfismos relacionados aos mecanismos de produção de energia anaeróbia, possam estar envolvidos.
- Nos testes de potência muscular, o salto vertical não apresentou diferenças significativas, quando comparados os 3 genótipos distintos, porém revelou diferença no pico de potência quando foi comparada esta variável no modelo recessivo, na literatura científica os testes de força frequentemente não apresentam grandes diferenças entre os genótipos RR e RX mas sim com XX, confirmando os dados encontrados no presente estudo para este ponto.
- No teste de Wingate as comparações também não trouxeram diferenças estatisticamente significativas conclui-se, portanto, que na amostra avaliada, o pico de potência, potência média, potência máxima relativa, potência média relativa e o índice de fadiga não apresentam diferenças entre os genótipos musculares dos lutadores.

Os achados do presente estudo demonstram que existem poucas diferenças entre os genótipos musculares de lutadores de MMA, ou artes marciais mistas, no que se refere a indicadores de força, desempenho, e potência muscular, no entanto outros estudos devam ser estimulados com esta população, sobretudo com as variantes genéticas a fim de se elucidar melhor algumas lacunas sob o aspecto do

treinamento e criar novos pontos referenciais para os praticantes desta modalidade dentro do esporte.

## 10. REFERÊNCIAS

ALVES RN, COSTA LOP, SAMULSKI DM. Monitoramento e Prevenção do Supertreinamento em Atletas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**; 12 (5), 2006.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 8 ed., 2006.

AGEL J, RANSONE J, DICK R, OPPLIGER R, MARSHALL SW. Descriptive epidemiology of collegiate men's wrestling injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2003-2004. **J Athl Train**. 2007;42:303-10

ARTIOLI GG, IGLESIA RTFRANCHINI, EGUALANO B, KASHIWAGURA DB, SOLIS MY, BENATTI FB, *et al*. Rapid weight loss followed by recovery time does not affect judô-related performance. **Journal of Sports Science**, Walsall; 28(1): 21-32, 2010.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 7ed., 2005.

BAILEY DM, ERITH SJ, GRIFFIN PJ, DOWSON A, BREWER DS, GANT N, WILLIAMS C. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. **Journal of Sports Sciences**; 25 (11): 1163 – 1170, 2007.

BEGGS AH, BYERS TJ, KNOLL JH, BOYCE FM, BRUNS GA. & KUNKEL LM. Cloning and characterization of two human skeletal muscle alpha-actinin genes located on chromosomes 1 and 11. **J Biol Chem** .267: 9281-9288,1992.

BASTIDA EM, PERON RAF, QUEIROZ AF, HAYACIBARA MF, TERADA RSS. Prevalência do uso de protetores bucais em praticantes de artes marciais de um município do Paraná .**Rev. bras. odontol.**, Rio de Janeiro, v. ISSN 00347272 – 67(2): 194-8, 2010.

BIANCHI S IDE BN, DEL VECCHIO FB, SALGADO JVV, CHACON-MIKAHIL MPT. **Caracterização morfofuncional de atletas praticantes do Brazilian Jiu-Jítsu**. Anais do Congresso Interno de Iniciação Científica. Campinas: Editora Unicamp. 1: 55, 2005.

BLANCHARD A, OHANIAN V, CRICHLEY D. The structure and function of alpha-actinin. **J Muscle Res Cell Motil.**;10:280-9, 1989.

BUBANJ S RATKO STANKOVIĆ, RADOSLAV BUBANJ ,IVANA BOJIĆ, BORIS DINDIĆ AND ALEKSANDAR DIMIĆ. Reliability of myotest tested by a countermovement jump .**Acta Kinesiologica** 4; 2: 46-48, 2010.

CBMT- **Confederação Brasileira de Muay Thai** - <http://www.cbmuaythai.com.br/cf/extra.asp?id=1#.UGJ6kLKPVMg>, acessado em 25/09/2012.

CONFED, **Conselho federal de Educação Física** <http://www.confef.org.br/extra/clipping/view.asp?id=229> Acessado em 24/09/2012.

CLARKSON PM, DEVANEY JM, GORDISH-DRESSMAN H, THOMPSON PD, HUBAL MJ, URSO M, *et al* .ACTN3 genotype is associated with increases in muscle strength in response to resistance training in women. **J Appl Physiol**; 99: 154-163, 2005.

CLARKSON PM, NEWHAM DJ. Associations between muscle soreness, damage, and fatigue. **Adv Exp Med Biol.**; 384-457-691995.

CROSS KM, WILSON RW, PERRIN DH. Functional Performance Following an Ice Immersion to the Lower Extremity. **Journal of Athletic Training**; 31(2), 1996.

DACOSTA LP. **Atlas do esporte no Brasil**, Rio de Janeiro,CONFED,2006.

DANTAS EHM. **A Prática da Preparação Física**. 4 ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.

DEL VECCHIO FB, BIACHI S, HIRATA SM, CHACON-MIKAHI MPT. Análise morfo-funcional de praticantes de brazilian jiu-jítsu e estudo da temporalidade e da quantificação das ações motoras na modalidade. **Movimento e Percepção**, Espírito Santo do Pinhal; 7(10): 263-281,2007.

DRUZHEVSKAYA AM, AHMETOV II, ASTRATENKOVA IV, ROGOZKIN VA. Association of the ACTN3 R577X polymorphism with power athlete status in Russians. **Eur.J.Appl Physiol**;103(6):631-4, 2008.

EYNON N, DUARTE JA, OLIVEIRA J , SAGIV M , YAMIN C, Y. MECKEL M. SAGIV , *et al* .**ACTN3 R577X Polymorphism and Israeli Top-level Athletes**. **Int J Sports Med**, DOI 10.1055/s-0029-1220731, 2009.

FRANCHINI E, TAKITO MY, PEREIRA JN. Frequência cardíaca e força de preensão manual durante a luta de jiu-jitsu. Revista digital - Buenos Aires [periódico on-line]. 2003: ano 9 (65) Disponível em <http://www.efdeportes.com> em 25/09/2012

FRANCHINI E, BEZERRA PL, OLIVEIRA RSF, SOUZA LC, OLIVEIRA DL. Concentração do lactato sanguíneo, frequência cardíaca e força de preensão manual durante um combate de jiu-jitsu. **Corpoconsciência**, Santo André: 9(1) : 35-44, 2005.

FRIDEN J, LIEBER RL. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. **Medicine and Science in Sports and Exercise**; 24(5),1992.

GRACIE R, GRACIE R. **Brazilian Jiu-Jitsu: Theory and Technique**. Canada, Invisible Cities Press, 2001.

GENTIL P, PEREIRA RW, LEITE TKM, BOTTARO M. ACTN3 R577X polymorphism and neuromuscular response to resistance training. **Journal of Sports Science and Medicine**:10, 393-399, 2010.

GOMES MM, PEREIRA G, FREITAS PB, BARELA JÁ. Características cinemáticas e cinéticas do salto vertical: comparação entre jogadores de futebol e basquetebol. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, 11(4):392-399, 2009

GRINDSTAFF TL, POTACH DH. Prevention of common wrestling injuries. **Strength Cond J**; 28:20-8, 2006.

HISTÓRIA DA CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE LUTAS ASSOCIADAS Disponível em: [http://cbla.com.br/principal\\_historia.htm](http://cbla.com.br/principal_historia.htm). Acessado em 25 de Setembro de 2012.

HEYWARD VH, STOLARCZYK LM. **Avaliação da composição corporal aplicada**. São Paulo: Manole, 2000.

HEYWARD VH. **Avaliação física e prescrição do exercício: técnicas avançadas**. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2004.

INBAR O, BAR-OR O, SKINNER JS. **The Wingate anaerobic test**. Champaign: Human Kinetics, 1996.

LUCIA A, GOMEZ-GALLEGO F, SANTIAGO C, BANDRES F, EARNEST C, RABADAN M, *et al.* ACTN3 genotype in professional endurance cyclists. **Int. J. Sports Med**; 27: 880-884, 2006.



MAC ARTHUR DG, NORTH KN. A gene for speed? The evolution and function of alpha actinin- 3. **Bioessays**; 26:786-95, 2004.

MAC ARTHUR DG, NORTH KN. ACTN3: A genetic influence on muscle function and athletic performance. **Exerc Sport Sci.Rev.** 35: 30-34, 2007.

MAUD PJ, SHULTZ BB. **Norms for the Wingate test. Research Quaterly**; 60(2): 144-151, 1989.

MASSY-WESTROPP NM, TIFFANY K GILL, TAYLOR ANNE W , RICHARD W BOHANNON and HILL CATHERINEL. Hand Grip Strength: age and gender stratified normative data in a population-based study. **BMC Research Notes**, 4:127, 2011.

MCARDLE WD, KATCH FI, KATCH VL. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A., 2003.

MCHUGH M. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. 13: 88-97, 2003.

MILLER SA, DYKES DD & POLESKY HF. A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. **Nucleic ACids Res** 16, 1215. 1988.

MILLS M, YANG N, WEINBERGER RP, WOUDE DLV, BEGGS AH, *et al.* "Differential expression of the actin-binding proteins, alpha-actinin-2 and -3, in different species: implications for the evolution of functional redundancy." **Hum Mol Genet** 10(13): 1335-1346, 2001.

MORAN CN, YANG N, BAILEY ME, TSIOKANOS AJ, MAC ARTHUR DG, *et al.* Association analysis of the ACTN3 R577X polymorphism and complex quantitative body composition and performance phenotypes in adolescent Greeks. **Eur J Hum Genet** ;15: 88-93, 2007.

NORTH KN, YANG N, WATTANASIRICHAIGOON D, MILLS M, EASTEAL S, BEGGS AH. A common nonsense mutation results in alpha-actinin-3 deficiency in the general population. **Nat Genet.**; 21:353-4. 1999

OLIVEIRA M, MOREIRA D GODOY JRP, CAMBRAIA AN. Avaliação da força de preensão palmar em atletas de jiu-jítsu de nível competitivo. **R. bras. Ci e Mov**; 14(3): 63-70, 2006.

PAPARINI A, RIPANI M, GIORDANO GD, SANTONI D, PIGOZZI F & ROMANO-SPICA V. ACTN3 genotyping by real-time PCR in the Italian population and athletes. **Med Sci Sports Exerc** 39: 810-815, 2007.

RATAMESS A, ALVAR BA, EVETOCH TK, HOUSH TJ, KIBLER WB, KRAEMER WJ. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in sports and Exercise**, Madison; 41(3): 687-708, 2009.

ROTH SM, WALSH S, LIU D, METTER EJ, FERRUCCI L & HURLEY BF. The ACTN3 R577X nonsense allele is under-represented in elite-level strength athletes. **Eur J Hum. Genet**; 16: 391-394, 2008.

SANDS WA, MCNEAL JR, OCHI M, URBANEK TL, JEMNI N, and STONE MH. Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests. **J. Strength Cond. Res.** 18(4):000–000. 2004.

SETO J, LEK M, QUINLAN K, HOWELING J, ZHENG XI, GARTON F, *et al.* Deficiency of alfa-actinin-3 is associated with increased susceptibility to contraction-induced damage and skeletal muscle remodeling. **Human Molecular Genetics**; 20 (15): 2914–2927, 2011.

SIMONEAU JA, BOUCHARD C. Genetic determinism of fiber type proportion in human skeletal muscle. **FASEB J**; 9:1091-5, 1995.

THOMAS SG, COX MH, LEGAL YM, VERDE TJ, SMITH HK. Physiological profiles of the Canadian National Judo Team. **Canadian Journal of Sports Science**. Ottawa: 14(3):142-147, 1989.

THOMPSON WR, VINUEZA C. Physiologic profile of Tae Kwon Do black belts. **Sports Medicine, Training and Rehabilitation**, Oxford, 3: 49-53, 1991.

TOSKOVIC NN, BLESSING D, WILLIFORD HN. Physiologic profile of recreational male and female novice and experienced Tae Kwon Do practitioners. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**; Torino, 44(2):164-172, 2004.

VINCENT B, De BOCK K, RAMAEKERS M, EEDE E, LEEMPUTTE M, HESPEL P, THOMIS M. ACTN3 (R577X) genotype is associated with fiber type distribution. **Physiol. Geno.**; 32 : 58–63, 2007.

VINCENT B, WINDELINCKX NA, NIELENS H, RAMAEKERS M, LEEMPUTTE M, HESPEL P, *et al.* Protective role of alfa-actinin-3 in the response to an acute eccentric exercise bout. **J Appl Physiol** 109: 564–573, 2010.

WOLFARTH B, BRAY MS, HAGBERG JM, PERUSSE L RAURAMA R, RIVERA MA. **The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes**: the 2004 update. *Med Sci Sports Exerc.* ;37:881-903, 2005.

YANG N, MAC ARTHUR DG, GULBIN JP, HAHN AG, BEGGS AH, EASTEAL S. ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. **Am J Hum Genet**; 73:627-31, 2003.

## **11. ANEXOS**

## 11.1 ANEXO 1

### 11.1.1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

*Por favor, leia com atenção as informações contidas abaixo antes de dar o seu consentimento para participar desse estudo.*

a) Você, atleta de MMA, está sendo convidado a participar de um estudo intitulado **“Análise comparativa entre indicadores de desempenho e a variação R577X do gene da alfa actinina-3 em lutadores de artes marciais mistas.”** É importante saber que é através das pesquisas que ocorrem os avanços importantes em todas as áreas, e sua participação é fundamental.

b) O objetivo desta pesquisa é de verificar se existe correlação entre indicadores de performance anaeróbia e variação fenotípica muscular em atletas lutadores de MMA. Em outras palavras, este estudo busca verificar qual o papel diferenciador de um componente genético específico na performance anaeróbia. Este estudo visa também oferecer informações caracterizadoras para futuros estudos de intervenção, contribuindo para o conhecimento da preparação física dos atletas de luta.

c) Caso você participe da pesquisa, inicialmente serão realizadas as seguintes avaliações: 1) Antropométrica - Nesta, serão avaliados o seu peso e estatura, além de 7 dobras da pele para a verificação do seu percentual de gordura. Essa avaliação tem a duração de aproximadamente 10 minutos. 2) Coleta sanguínea para extração do DNA com técnico especializado para tal sendo que serão respeitados todos os princípios de higiene e limpeza, sendo utilizados apenas equipamentos descartáveis, tais como luvas, agulhas, seringas, etc. Para as coletas de sangue, seu braço será higienizado com álcool 70% e depois será perfurado por uma agulha que retirará 10 ml de sangue intravenoso. Esse sangue será colocado em um tubo específico e armazenado de maneira adequada até ser levado ao laboratório onde serão feitas as análises. Após as análises, o laboratório irá realizar o descarte de seu sangue em lixo hospitalar, não o utilizando para outros fins., e 3) Testes de Força e Desempenho muscular assistidos por profissionais experientes , 4) Teste de salto vertical com aquecimento e preparação prévia e o teste de Wingate que consistirá em pedalar por 30 segundos contra uma resistência proporcional ao seu peso corporal, para tanto serão tomados todos os cuidados concernentes à prática do teste, como anamnese prévia para condições fisiológicas necessárias, local, material e socorro médico de urgência caso se faça necessário. Durante todo o protocolo você estará utilizando uma cinta cardíaca que mede os seus batimentos do coração, não sendo necessário jejum para tal procedimento.

d) Semelhante aos exames laboratoriais de rotina, você poderá experimentar algum tipo de desconforto, principalmente relacionado à sensação de dor à perfuração do braço para a coleta de sangue. No entanto, esse desconforto não dura por muito tempo, desaparecendo após poucos minutos da realização das coletas, com exceção da dor muscular que poderá ser forte nas 24 e 48 seguintes ao exercício.

e) Os riscos que envolvem suas avaliações são: fadiga em decorrência do testes de esforço máximo anaeróbio (Wingate) ou na realização do exercício; dor

muscular tardia pela intensidade de esforço nos testes; tonturas; rápido ou baixo ritmo do coração; mal súbito em função da realização de esforço máximo; leve incômodo no braço em decorrência das coletas de sangue intravenosas. Caso você sinta algum desses problemas durante as etapas de coleta, você deverá informar imediatamente algum membro da comissão avaliadora. Para garantir a sua segurança, caso seja necessário um transporte de urgência, será acionado os serviços da ECO SALVA (41 3242-1212) se o problema ocorrer no CEPEFIS ou na Academia R2, onde serão realizados os testes de força e desempenho.

f) Após a apresentação deste estudo e as avaliações antropométricas você deverá comparecer à Academia R2 localizada na Rua Coronel Francisco Heráclito dos Santos nº1515 no Bairro Jardim das Américas, para a realização das avaliações de força nos exercícios preensão manual, supino e agachamento, 48 horas após você deverá comparecer ao mesmo local para as avaliações de desempenho no supino, agachamento e abdominais. 72 horas após, você deverá comparecer no Centro de Estudos da Performance Física (CEPEFIS), laboratório que fica no Departamento de Educação Física (DEF) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Campus Botânico, para a realização dos testes de Potência Anaeróbia (Salto Vertical e Wingate), por aproximadamente uma hora. 24 horas após,

g) Contudo os benefícios esperados são: verificar a sua condição física atual, utilizar os resultados das coletas para auxiliar nos seus treinamentos, verificar se sua característica genética muscular interfere positivamente ou não nos testes aplicados.

h) Os pesquisadores, Prof. Dr. Raul Osiecki, professor adjunto do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná, e seu aluno de mestrado Prof. Ednaldo Cordeiro Oliveira são os responsáveis pelas suas avaliações e poderão esclarecer eventuais dúvidas a respeito desta pesquisa. Eles poderão ser encontrados pessoalmente de segunda à sexta-feira das 08h00min às 18h00min no Centro de Estudos da Performance Física, Departamento de Educação Física da UFPR, Rua Coração de Maria, 92, BR 116, km 95, Jardim Botânico, ou nos telefones 9601-2187 (Raul) ou 9906-2158 (Ednaldo), além de contatos via e-mail para: [raul@ufpr.br](mailto:raul@ufpr.br) (Raul) e [edi.fitsolutions@yahoo.com.br](mailto:edi.fitsolutions@yahoo.com.br) (Ednaldo).

e) Estão garantidas todas as informações que você queira, antes durante e depois do estudo.

f) Neste estudo não haverá “grupo controle”. uma vez que os atletas não passarão por “tratamento”, e serão comparados entre os 3 genótipos possíveis .

g) A sua participação neste estudo é voluntária. Contudo, se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá solicitar de volta o termo de consentimento livre esclarecido assinado.

h) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos médicos que executam a pesquisa e pelas autoridades legais. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a **confidencialidade** seja mantida.

i) Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa (exames, medicamentos etc.) não são da sua responsabilidade.

j) Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro.

k) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

Eu, \_\_\_\_\_ li o texto ACima e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem que esta decisão afete meu tratamento. Eu entendi o que não posso fazer durante o tratamento e sei que qualquer problema relACionado ao tratamento será tratado sem custos para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

---

Assinatura do Avaliado  
RG: \_\_\_\_\_

---

Assinatura do Pesquisador Responsável  
Msd. Ednaldo Cordeiro Oliveira (CREF: 008061-G/ PR)  
RG: 5.939.220-4 (PR)

Curitiba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012.